

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3628299 C2

⑤① Int. Cl. 4:  
G06F 11/16  
G 06 F 13/42

⑳ Aktenzeichen: P 36 28 299.5-53  
㉑ Anmeldetag: 21. 8. 86  
㉒ Offenlegungstag: 25. 2. 88  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 1. 12. 88

DE 3628299 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

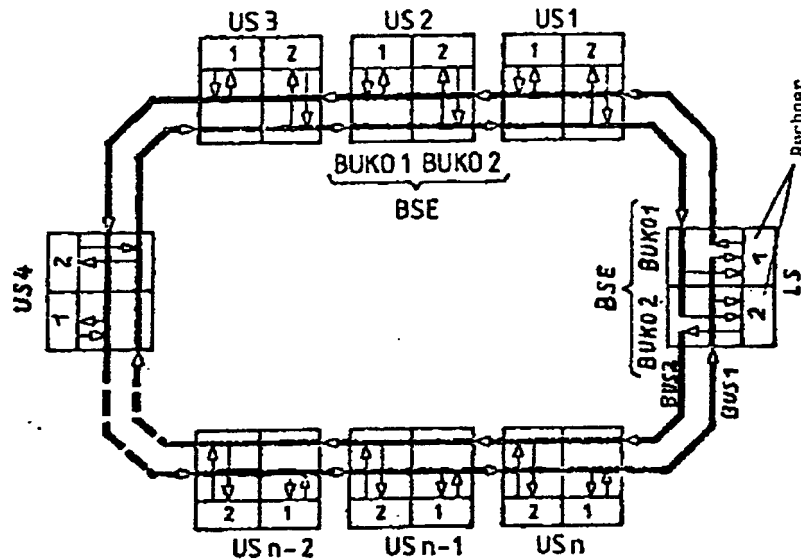
㉔ Patentinhaber:  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,  
DE

㉕ Erfinder:  
Oppel, Manfred, Dipl.-Ing., 1000 Berlin, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
US-Z.: Computer August 1984, S. 57,58,60-66;  
US-Z.: Computer Design, Juli 1983, S. 89-92,94;  
US-Z.: IBM Technical Disclosure Bulletin, Juli 1983,  
S. 803,804;

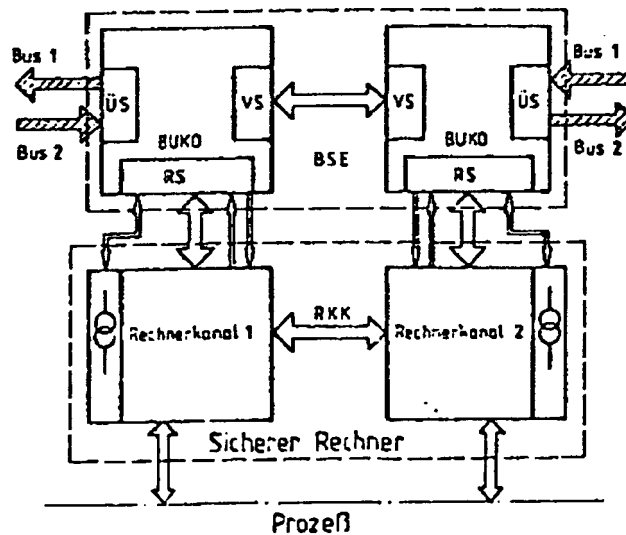
㉗ Anordnung zum signaltechnisch sicheren Übertragen von seriellen Daten zwischen vorzugsweise zweikanalig  
arbeitenden sicheren Rechnern mit einem Doppelring-Bussystem

DE 3628299 C2





**Betriebsart NORM**

**Fig. 1**



## Bussteuereinheit

**Fig.2**

 optisch  
 elektrisch

## Patentansprüche

1. Anordnung zum signaltechnisch sicheren Übertragen von seriellen Daten zwischen vorzugsweise zweikanalig arbeitenden sicheren Rechnern mit einem Doppelring-Bussystem,

- bei der in Normalbetrieb (Betriebsart "NORM") die beiden Ringbusse des Doppelring-Bussystems parallel redundant im gegenläufigen Sinn unidirektional von den Daten durchflossen werden, wobei jeder Rechner mit einem Kanal mit dem einen Ringbus und mit dem anderen Kanal mit dem anderen Ringbus funktionsmäßig über aktive Buskoppler verbunden ist,
- bei der bei einem erkannten Störfall durch eine Umschaltung des Doppelring-Bussystems auf Testbetrieb (Betriebsart "TEST") mit Querverbindungen zwischen den Ringbussen eine Störstellen-Lokalisierung erfolgt,
- bei der danach eine weitere Umschaltung auf Reservebetrieb (Betriebsart "FEHLER") erfolgt, indem die angrenzenden Abschnitte unter Abtrennung des störbehafteten Abschnittes dauernd in eine Einfach-Ringstruktur ohne Redundanz überführt werden,

dadurch gekennzeichnet, daß für die Steuerung der beiden Ringbusse (*BUS 1*, *BUS 2*) eine aktive Leitstation (*LS*) mit einem zweikanaligen Leitreechner vorgesehen ist, der die Buszugriffsrechte für andere Busteilnehmer (Unterstationen *US 1* bis *USn*), die mit eigenen Rechnern versehen sind, hierarchisch verwaltet und über entsprechende Monitorfunktionen die umgelaufenen Daten des einen Ringbusses (z. B. *BUS 1*) jeweils mit den Sendedaten des anderen Ringbusses (z. B. *BUS 2*) und umgekehrt über Kreuz vergleicht, wobei Nichtgleichheit eine Störung markiert, die eine Umschaltung von der Betriebsart "NORM" für Normalbetrieb auf die Betriebsart "TEST" veranlaßt, bei der die Unterstationen (*US 1* bis *USn*) von der Leitstation (*LS*) zyklisch aufgerufen werden, wobei jeweils paarweise in Bussteuereinheiten (*BSE*) zusammengefaßte aktive Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*) so lange fortschreitend Unterbrechungen und Querverbindungen (*a*, *b*) schaffen, bis eine Nichtgleichheit der Sende- und Empfangsdaten innerhalb der Leitstation (*LS*) die Störstelle signalisiert, was eine Umschaltung auf die Betriebsart "FEHLER" veranlaßt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*) von der Leitstation (*LS*) ansteuerbar sind, wobei jeweils eine Rechnerschnittstelle (*RS*) für die Verbindung mit dem zugeordneten Rechnerkanal (1 oder 2) und eine Übertragungsschnittstelle (*ÜS*) für den Anschluß der beiden Ringbusse (*BUS 1*, *BUS 2*) vorgesehen ist.

3. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*), die die beiden Kanäle jedes sicheren Rechners bedienen, über eine interne Verbindungsschnittstelle (*VS*) entkoppelt zur Bussteuereinheit (*BSE*) miteinander verbunden sind, und daß über die Bussteuereinheit (*BSE*) der Durchlauf des Datenflusses über die Ringbusse

(*BUS 1*, *BUS 2*) oder das Ab- bzw. Umschalten des Datenflusses steuerbar ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenfluß innerhalb der Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*) der Bussteuereinheiten (*BSE*) elektrisch erfolgt, wobei bei einem anderen äußeren Übertragungsmedium, z. B. einem optischen, die Übertragungsschnittstellen mit zusätzlichen opto/elektrischen Umsetzern (3) ausgerüstet sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß für das Umschalten der Bussteuereinheiten (*BSE*) in die verschiedenen Betriebsarten ("NORM", "TEST", "FEHLER") jedem Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*) je drei elektronische Schalter (*S 1*, *S 2*, *S 3*) zugeordnet sind, die durch entsprechende Signale (Leitung *TD*) der angeschalteten Rechnerkanäle (1, 2) über die Rechnerschnittstellen (*RS*) ansteuerbar sind.

6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Betriebsart "NORM" die verschiedenen gerichteten Datenflüsse beider Ringbusse (*BUS 1*, *BUS 2*) jeweils über den Schalter (*S 1*/Schaltstellung *A*) des einen Buskopplers (*BUKO 2* bzw. *BUKO 1*) und über den zweiten Schalter (*S 2*/Schaltstellung *B*) des anderen Buskopplers (*BUKO 1* bzw. *BUKO 2*) sowie den dritten Schalter (*S 3*/Schaltstellung *A*) des anderen Buskopplers (*BUKO 1* bzw. *BUKO 2*) verlaufen, wobei die zugeordneten Kanäle (1, 2) des Rechners über Leitungen (*RD*) innerhalb verschiedener Buskoppler direkt angeschlossen sind.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Betriebsart "TEST" die durchgehenden Datenflüsse beider Ringbusse (*BUS 1*, *BUS 2*) unterbrochen werden und der eingehende Ringbus (z. B. *BUS 1* bzw. *BUS 2*) auf den abgehenden Ringbus (z. B. *BUS 2* bzw. *BUS 1*) des gemeinsamen Buskopplers (z. B. *BUKO 2* bzw. *BUKO 1*) geschaltet wird, wobei die Datenflüsse jeweils von den eingehenden Ringbussen (*BUS 1* bzw. *BUS 2*) über den Schalter (*S 1*/Schaltstellung *A*) des einen Buskopplers (z. B. *BUKO 2* bzw. *BUKO 1*) und über den zweiten Schalter (*S 2*/Schaltstellung *B*) des anderen Buskopplers (z. B. *BUKO 1* bzw. *BUKO 2*) sowie zurück über eine Querverbindung (*b* bzw. *a*) und den dritten Schalter (*S 3*/Schaltstellung *B*) des einen Buskopplers (z. B. *BUKO 2* bzw. *BUKO 1*) zum abgehenden Ringbus (*BUS 2* bzw. *BUS 1*) verlaufen, wobei die zugeordneten Kanäle (1, 2) des Rechners über Leitungen (*RD*) innerhalb verschiedener Buskoppler (*BUKO 1*, *BUKO 2*) direkt angeschlossen sind (Fig. 9).

8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Betriebsart "FEHLER" die durchgehenden Datenflüsse beider Ringbusse (*BUS 1*, *BUS 2*) unterbrochen und abwechselnd der eingehende Ringbus (*BUS 1*) auf den abgehenden Ringbus (*BUS 2*) des gemeinsamen Buskopplers (*BUKO 2*) und umgekehrt der eingehende Ringbus (*BUS 2*) auf den abgehenden Ringbus (*BUS 1*) des anderen gemeinsamen Buskopplers (*BUKO 1*) geschaltet wird, wobei die Datenflüsse jeweils über den ersten Schalter (*S 1*/Schaltstellung *A*) des einen Buskopplers (*BUKO 2* oder *BUKO 1*) und über den zweiten Schalter (*S 2*/Schaltstellung *B*) des anderen Buskopplers

(BUKO 1 oder BUKO 2) sowie über die Querverbindung (b oder a) und den dritten Schalter (S3/Schaltstellung B) des einen Buskopplers (BUKO 2 oder BUKO 1) verlaufen und beide Rechnerkanäle (1, 2) abwechselnd Zugriff zu beiden Ringbussen erhalten.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß dabei jeweils abwechselnd der eine Rechnerkanal (z. B. 1 oder 2) direkt und der andere Rechnerkanal (z. B. 2 oder 1) über den z. Zt. freien ersten Schalter (S1/Schaltstellung B) innerhalb eines der Buskoppler (BUKO 1 oder BUKO 2) an die durchlaufenden Datenflüsse angeschlossen sind.

#### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum signaltechnisch sicheren Übertragen von seriellen Daten zwischen vorzugsweise zweikanalig arbeitenden sicheren Rechnern mit einem Doppelring-Bussystem, wie es im Oberbegriff des Anspruches 1 näher definiert ist.

Doppelring-Bussysteme sind bisher bereits in verschiedenen Variationen ausgeführt worden. Die bekannten Lösungen haben jedoch verschiedene Nachteile.

So ist es u. a. bekannt, im Normalbetrieb die beiden Ringbusse des Doppelring-Bussystems parallel redundant zu betreiben, wobei sie im gegenläufigen Sinn unidirektional von den Daten durchflossen werden. Jeder Rechner ist dort mit dem einen Kanal mit dem einen Ringbus und mit dem anderen Kanal mit dem anderen Ringbus funktionsmäßig über aktive Buskoppler verbunden. Die Rechner der einzelnen Stationen sind autonom, das ganze System dezentralisiert. Bei einem erkannten Störfall erfolgt eine Umschaltung des Doppelring-Bussystems auf eine Betriebsart "TEST", wobei mit Querverbindungen zwischen den Ringbussen durch "Minor Loops" zwischen den Stationen eine Störstellenlokalisierung erfolgt. Danach erfolgt eine weitere Umschaltung auf eine Betriebsart "FEHLER", wobei die angrenzenden Abschnitte unter Abtrennung des störbehafteten Abschnittes dauernd in eine Einfach-Ringstruktur ohne Redundanz überführt werden. (COMPUTER, August 1984, S. 57, 58, 60 bis 66).

Die aktiven Buskoppler des bekannten, völlig dezentralisierten Systems haben jeweils eigene Intelligenz durch Mikroprozessoren und bewirken jeweils eine eigene aktive begrenzte Datenverarbeitung. Diese vielen Datenverarbeitungen können jedoch jede für sich "falsch" arbeiten, ein Fehler mit seinen Auswirkungen ist oft nicht oder nur sehr schwer durch aufwendige Tests bestimmbar und ein Sicherheitsnachweis so kaum zu erfüllen. Das System ist nicht fail-safe.

Weiterhin ist es bekannt, aufgeteilte Systeme zu verwenden, bei denen in einem redundanten Doppelring-Bussystem auch im gegenläufigen Sinn Daten fließen (Computer Design, Juli 1983, S. 89-94). Dort dient jedoch im Normalbetrieb nur die "primary loop" der eigentlichen Datenübertragung und die "secondary loop" wird zur Ausfalloffenbarung (Übertragung und gegenseitiger Austausch von Lebenssignalen) genutzt. Die bekannte Doppelringstruktur dient auch nicht der seriellen Verbindung zweikanalig arbeitender sicherer Rechner.

Ein ähnliches Ringsystem geht auch aus der Druckschrift IBM TDB, Juli 1983, S. 803 und 804 hervor. Der "primary loop" entspricht dabei der "prime ring 10" und der "secondary loop" dem "back up ring 12". Die Haupt-

aufgabe liegt hier in der Verbindung redundant aufgebaut, also mit duplizierter Hardware versicherer Systeme (R 1, R 2) über einen ausfalltoleranten seriellen Bus. Diese Eigenschaft reicht nicht aus, wenn darüber hinaus die Notwendigkeit zur sicheren und ausfalltoleranten seriellen Verbindung zwischen zweikanalig arbeitenden und daher sicheren Rechnern besteht.

Mit der Doppelringstruktur ist dort ausschließlich zeitserieller Betrieb des zweikanalig arbeitenden oder redundant aufgebauten Systems (R 1, R 2) möglich. Der in jedem "ring wiring concentrator (RWC)" enthaltende "ring adapter (RA)" stellt ein gemeinsames Betriebsmittel für beide angeschlossene Systeme (R 1, R 2) dar. Bereits bei Einzelausfall im "ring adapter" kann es bei ansonsten ausfallfreien Komponenten (RWC/RA) der anderen am Bus angeschlossenen Systeme zu im ungünstigsten Fall identischen Verfälschungen von Daten kommen, die voneinander unabhängig arbeitenden Rechnerkanälen entstammen. Das Kriterium der Unabhängigkeit der Rechnerkanäle — unterstellt R 1 und R 2 seien als solche zu betrachten — kann nicht erfüllt werden, womit ein Einsatz in sicherheitsrelevanten Systemen auszuschließen ist.

Aufgabe der Erfindung ist daher, die Schaffung einer Anordnung zum signaltechnisch sicheren Übertragen von seriellen Daten zwischen vorzugsweise zweikanalig arbeitenden sicheren Rechnern unter Verwendung eines Doppelring-Bussystems mit hohem Betriebsausfallschutz, wobei auch der Sicherheitsnachweis relativ einfach zu führen ist.

Diese Aufgabe wird gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Anhand von schematischen Ausführungsbeispielen wird die Erfindung im nachfolgenden näher erläutert.

Es wird dazu auf die Figuren der Zeichnung verwiesen. Es zeigt

Fig. 1 ein Funktionsschema des Übertragungssystems,

Fig. 2 den Aufbau einer Bussteuereinheit in Blockbild-darstellung,

Fig. 3 das Prinzip für Betriebsart "NORM",

Fig. 4 das Prinzip für Betriebsart "TEST",

Fig. 5 das Prinzip für Betriebsart "FEHLER",

Fig. 6 ein Funktionsschema für die Betriebsart "TEST",

Fig. 7 ein Funktionsschema für die Betriebsart "FEHLER",

Fig. 8 die Funktionsschaltung einer Betriebssteuereinrichtung in Betriebsart "NORM",

Fig. 9 die Funktionsschaltung einer Betriebssteuereinrichtung in Betriebsschaltung "TEST",

Fig. 10 und 11 die Funktionsschaltungen der Betriebssteuereinrichtung in der Betriebsart "FEHLER".

Die grundsätzliche Funktionsweise des vorzugsweise optischen Übertragungssystems wird in Fig. 1 dargestellt. Die angeschalteten Rechnerkanäle sind durch die Zahlen 1 und 2 für die Rechnerkanäle 1 und 2 angedeutet. Bei dieser Doppelringstruktur werden die beiden Ringe des Übertragungssystems im gegenläufigen Sinn jeweils unidirektional von den Informationen durchflossen. Das System enthält eine Leitstation LS und Unterstationen US 1 bis USn. Hauptaufgabe der Leitstation LS ist die Verwaltung und Kontrolle der Buszuteilung. Die Unterstationen US müssen für einen Buszugriff von der Leitstation LS aufgerufen werden und können nicht eigenmächtig zugreifen. An den Stellen, an denen die

Busteilnehmer angeschlossen sind, sind die beiden Ringbusse des Übertragungssystems *BUS 1*, *BUS 2* für den Anschluß jeweils einer aktiven Bussteuereinheit *BSE* unterbrochen. Durch die redundante Leitungsführung mit zwei Übertragungsleitungen und die noch zu beschreibenden verschiedenen Betriebsarten der aktiven Buskoppler wird die Fehlertoleranz des Übertragungssystems erreicht. Der Teil- oder Gesamtausfall einer Einzelkomponente führt aber nie zu einem Gesamtausfall des Übertragungssystems, sondern beschränkt sich ausschließlich auf das vom Ausfall betroffene Element, weil beim Ausfall einer angeschlossenen Station oder dem Ausfall eines Buskopplers eine Rekonfiguration des Übertragungssystems durchgeführt wird.

Als Datentransportmedium können vorteilhaft Lichtwellenleiter und/oder Kupferkabel benutzt werden. Bei der Verwendung von Lichtwellenleiter als Übertragungsbusse werden zur Erzeugung und Umsetzung der optischen Signale des Lichtwellenleiters in elektrische Signale für die angeschaltete Rechereinheit und die zeit- und amplitudenmäßige Regenerierung des optischen Signals aktive Buskoppler *BUKO* notwendig. Diese haben die Abschwächung und Verzerrung des optischen Signals durch den Lichtwellenleiter zu kompensieren. Jeweils zwei aktive Buskoppler *BUKO 1* und *BUKO 2* finden dabei als Koppelglieder zwischen dem Übertragungssystem und den jeweiligen zweikanaligen Rechnern Verwendung.

Beide Rechnerkanäle 1 und 2 können auf die beiden Busse *BUS 1* und *BUS 2* des parallelredundanten Übertragungssystems zugleich zugreifen, wenn sie als zugriffsberechtigte Stationen Daten auf den Bus absetzen wollen. Dazu werden die beiden Busringe an der Sendestelle für die Dauer des aktiven Buszugriffs so aufgetrennt, daß die Sendeeinrichtung ihre Daten einspeisen kann und es nicht zu Überlagerungen mit bereits gesendeten Signalen kommen kann, die bereits einen Ring durchlaufen haben. Die endlose Zirkulation von Signalen wird unterbunden. Die aktive Leitstation *LS* des Systems hat neben der Regelung des Buszugriffsrechts als Bussteuerstation weitere Funktionen: Bei jedem aktiven Buszugriff eines Rechnerkanals der Leitstation *LS* findet eine Kontrolle des gesamten Übertragungssystems statt, weil entsprechende Monitorfunktionen in der Leitstation *LS* die umgelaufenen Daten des anderen Ringbusses empfangen, die von dem parallelredundanten Rechnerkanal der Leitstation *LS* aufgeschaltet wurden. Durch Vergleich mit den eigenen Sendedaten wird der korrekte Durchlauf der Nachrichten ermittelt. Der Ausfall eines Busteilnehmers oder gestörte Nachrichtenzyklen werden bei jedem Nachrichtenzyklus der Leitstation *LS* von dem anderen Rechnerkanal der Leitstation *LS* erkannt. Ebenfalls werden die einzelnen Nachrichtenzyklen der zwei Rechnerkanäle der Leitstation *LS* zeitlich synchronisiert.

Durch das besondere Konstruktionsprinzip der Bussteuereinheiten *BSE* ist die Verwendung verschiedener Übertragungsmedien innerhalb eines Übertragungssystems problemlos möglich. Neben dem Einsatz von Glasfaser-Lichtwellenleitern sind auch Kunststoffaser-Lichtwellenleiter oder elektrische Übertragungsleitungen möglich, sofern ihr Einsatz sinnvoll ist. Das Übertragungssystem kann durch geeignete Wahl des physikalischen Übertragungsmediums allen Umgebungsbedingungen optimal gerecht werden.

Fig. 2 zeigt den Aufbau einer Bussteuereinheit *BSE* genauer. Es wird die prinzipielle Verbindung der Buskoppler *BUKO 1* und *BUKO 2* mit einem zweikanaligen

sicheren Rechner aufgezeigt. Mit der Bussteuereinheit *BSE* kann durch Betrieb in verschiedenen Betriebsarten eine Störungsstelle im Übertragungssystem lokalisiert und durch eine Neukonfiguration des Übertragungssystems unschädlich gemacht werden. Dazu jedoch noch später weiteres. Eine vollständige Bussteuereinheit *BSE* besteht immer aus zwei — bis auf evtl. Unterschiede in den Übertragungsschnittstellen — identisch aufgebauten Buskopplern *BUKO 1* und *BUKO 2*, die die Verbindung zwischen einem Rechnerkanal der zweikanaligen Busteilnehmer und dem parallelredundanten Übertragungssystem darstellen. Jeder Buskoppler besitzt drei verschiedene Schnittstellen: *RS*, *VS*, *US*.

1. Mit der Rechnerschnittstelle *RS* wird der Buskoppler an einen Rechnerkanal des zweikanaligen sicheren Rechners angeschlossen. Die Rechnerschnittstelle enthält Leitungen für die Stromversorgung, Funktionskontrolle und Funktionssteuerung des Buskopplers und die serielle Datenein- und -ausgabe des Rechners.

2. Beide Buskoppler *BUKO 1* und *BUKO 2* einer Bussteuereinheit sind durch eine Verbindungsschnittstelle *VS* miteinander verbunden. Die Verbindungsschnittstelle besteht ausschließlich aus Datenleitungen.

3. Die Übertragungsschnittstelle *US* stellt die Verbindung des Buskopplers zum Übertragungssystem dar. Die Übertragungsschnittstelle besitzt jeweils eine Eingangs- und eine Ausgangsbelegung zur Anschaltung der beiden entgegengesetzt gerichteten parallelredundanten Übertragungsleitungen.

Die Stromversorgung der Buskoppler erfolgt durch den angeschalteten Rechnerkanal über die Rechnerschnittstelle *RS*. Alle weiteren Signale der Rechnerschnittstelle sind rückwirkungsfrei mit dem angeschalteten Rechnerkanal verbunden. Die Datenleitungen der Verbindungsschnittstelle *VS* sind als symmetrische Übertragungsleitungen ausgeführt und voneinander entkoppelt.

Weil eine Bussteuereinheit *BSE* aus zwei gleichartigen Buskopplern besteht und weil ein Buskoppler eine vollständige Übertragungsschnittstelle zu einer Seite des Übertragungssystems enthält, ist der problemlose Übergang von dem einen Übertragungsmedium zu einem anderen Übertragungsmedium von einer Übertragungsschnittstelle zu der anderen Übertragungsschnittstelle einer *BSE* in einem Übertragungssystem möglich. Dazu ist es lediglich notwendig, daß die Übertragungsschnittstellen der Buskoppler entsprechend ausgeführt sind. Wenn ein Buskoppler der Bussteuereinheit eine optische Übertragungsschnittstelle und der andere Buskoppler dieser Bussteuereinrichtung eine elektrische Übertragungsschnittstelle hat, dann ist der problemlose Übergang von einem optischen auf ein elektrisches Übertragungsmedium und umgekehrt möglich.

Durch drei verschiedene Betriebsarten der Bussteuereinheit *BSE* wird der Betriebsausfallschutz gewährleistet.

1. In der Betriebsart "NORM" (normal) ist der Rechnerkanal 1 des angeschalteten zweikanaligen Rechners mit dem Bus 1 und der Rechnerkanal 2 des angeschalteten zweikanaligen Rechners mit dem Bus 2 funktionsmäßig verbunden (hierzu wird auf Fig. 1 verwiesen). Die Datenübertragung erfolgt parallelredundant, weil beide Rechnerkanäle

bei dem aktiven Buszugriff die Nachrichten in gleicher Reihenfolge und quasi synchron zueinander auf die Datenübertragungsstrecke geben. Wird ein irreversibler Fehler erkannt, wird auf die Betriebsart "TEST" umgeschaltet. Den Daten-Fluß in der Betriebsart "NORM" zeigt Fig. 3.

2. Die Betriebsart "TEST" dient dazu, im Störfall das Übertragungssystem zu testen, damit die Störungsstelle lokalisiert und durch eine Neukonfiguration des Übertragungssystems die Datenübertragung fortgesetzt werden kann. Dazu wird innerhalb der Übertragungsstrecke der Bussteuereinheit *BSE* der normale Übertragungsweg aufgetrennt und die Signale auf die parallelredundante Übertragungsleitung geführt. Zum Beispiel von *BUS 1* auf *BUS 2* gleich Testweg 1/2 und umgekehrt als Testweg 2/1. Die Signale werden quasi gespiegelt und als Echo auf den parallelredundanten *BUS* an die Sendestation *LS* zurückgeworfen. In dieser Betriebsart kann die Funktionsfähigkeit jeder Bussteuereinrichtung *BSE* schrittweise festgestellt werden. Den zugehörigen Datenfluß zeigt Fig. 4.

3. Mit der Betriebsart "FEHLER" einer Bussteuereinheit *BSE* des Übertragungssystems wird im Störfall eine Neukonfiguration des Übertragungssystems durchgeführt. Der Abschnitt des Übertragungssystems, in dem sich die Störquelle befindet, wird dabei vom Übertragungssystem so abgetrennt, daß die parallelredundante Busstruktur aufgelöst und die Störungsquelle in den beiden angrenzenden Bussteuereinrichtungen vom Übertragungssystem abgekoppelt wird. In dieser Betriebsart unterbricht die Bussteuereinheit *BSE* den Datenfluß in einer Richtung des Datenübertragungssystems derart, daß der Übertragungsweg innerhalb der *BSE* von dem einen unidirektionalen Datenbus auf den parallelredundanten Datenbus geschaltet wird. Das Datenübertragungssystem besitzt in dieser Betriebsweise keine Redundanz mehr. Die Datenübertragung erfolgt hierbei nicht mehr in zeitlich gleicher Reihenfolge, sondern nacheinander. Das heißt, die einzelnen Kanäle des zweikanaligen sicheren Rechners werden zeitlich nacheinander auf dem *BUS* aktiv. Für das Einschalten der Betriebsart "FEHLER" wird der entsprechenden Station über den funktionsfähigen Übertragungsweg das Kommando "FEHLER" mit "Fehlerweg 1/2" oder "Fehlerweg 2/1" übermittelt. Daraufhin geben die beiden Rechnerkanäle der angesprochenen Station in der angeschalteten Bussteuereinrichtung Steuersignale aus, die eine Umschaltung der Datenwege in der angeschalteten Bussteuereinrichtung herbeiführen.

Die Einstellung der verschiedenen Betriebsarten der Bussteuereinrichtung erfolgt durch entsprechende Signale der angeschalteten zweikanaligen Rechner über die Rechnerschnittstelle des jeweils zugeordneten Buskopplers. Für die Dauer ihrer Aktivierung wird die entsprechende Funktion der Bussteuereinrichtung bewirkt.

Wie bereits ausgeführt, wird bei einem Teil- oder Gesamtausfall von Einzelkomponenten des Übertragungssystems der Totalausfall des Übertragungssystems verhindert. Lediglich ein Busteilnehmer kann dann unter bestimmten Umständen nicht mehr angesprochen werden. Das Übertragungssystem toleriert dabei die folgenden Einzelfehler:

ein aktiver Buskoppler fällt vollständig oder teilweise aus  
ein angeschlossener Rechner fällt vollständig oder teilweise aus  
einer oder beide Übertragungsleitungen des Übertragungssystems werden zwischen zwei benachbarten Stationen an einer oder mehreren Stellen unterbrochen  
eine Station wird aus dem System herausgenommen, d. h. die Übertragungsleitungen werden an den beiden Übertragungsschnittstellen der *BSE* abgekoppelt  
die Stromversorgung eines oder beider Rechnerkanäle der angeschalteten Rechereinheit ist unterbrochen oder fällt vollständig aus.

Zur Funktion wird auf Fig. 1 verwiesen.

Jedes Signal, das in Betriebsart "NORM" von der Leitstation *LS* auf eine der beiden jeweils unidirektional wirkenden Übertragungsbusse gelegt wird, muß letztlich nach einer festen Verzögerungszeit, die von der Leitungslänge und der Anzahl der zwischengeschalteten Buskoppler abhängt, am Leitungsende wieder am Eingang der Leitstation *LS* anstehen. Damit wird bei allen aktiven Buszyklen der Leitstation die Funktionsfähigkeit des Übertragungssystems getestet.

Ein Störfall des Übertragungssystems wird von der Leitstation deshalb erkannt, weil die Endpunkte der beiden Ringbusse *BUS 1* und *BUS 2* mit den Empfangseinrichtungen der Leitstation verbunden sind. Alle Sendedaten der Leitstation *LS* müssen somit von ihr wieder als Echo empfangen werden, sofern das Übertragungssystem nicht gestört ist.

Ist das Echo auf einem der Ringbusse nicht vorhanden oder stimmen die empfangenen Daten des Echos nicht mit den ausgesandten Daten überein, dann liegt ein Störfall auf der Datenübertragungsstrecke vor. Damit die Störungsstelle lokalisiert und dadurch unwirksam gemacht werden kann und damit die der Störungsstelle benachbarten Buskoppler der Bussteuereinrichtung *BSE* die entsprechenden Ausfallfunktionen wahrnehmen, muß auf Betriebsart "TEST" umgeschaltet werden. Den Test führt die Leitstation *LS* durch. Sie legt dazu eine Testnachricht auf den einen unidirektionalen Bus, z. B. *BUS 1*, und beauftragt in bestimmter Reihenfolge die einzelnen Unterstationen *US 1* bis *US n* auf Betriebsart "TEST" umzuschalten. Die Testnachricht wird in der jeweilig gerade umgeschalteten Unterstation auf den anderen entgegengesetzt gerichteten parallelredundanten *BUS*, z. B. *BUS 2*, geführt und als "Echo" an die Leitstation *LS* zurückgeschleift. Durch Vergleich der beiden Nachrichten (Testnachricht mit Echo) kann der Zustand des Datenübertragungssystems für den aktuellen Testweg festgestellt werden. Durch fortschreitende Testläufe wird die Störungsstelle lokalisiert. Fig. 6 zeigt das System mit *n* Teilnehmern, indem die Unterstation *US n-2* auf die Betriebsart "TEST" geschaltet wurde. Wurde festgestellt, daß sich der Fehler in einem Bereich zwischen *US n-2* und *US n* befindet, wird dieser Bereich beidseitig herausgenommen und die *BSE* der Unterstation *US n-2* auf Verbindung von *BUS 1* nach *BUS 2* und die *BSE* der Station *US n* auf interne Verbindung von *BUS 2* nach *BUS 1* von der Leitstation *LS* beauftragt.

Damit ist die Redundanz des Übertragungssystems aufgebraucht, d. h. die Doppelringstruktur des Übertragungssystems wird durch eine neue Konfiguration in einer Einfachringstruktur ohne Redundanz aufgelöst. Die Nachrichten der parallelredundanten Rechnerkanäle

le können dann nicht mehr zugleich auf das Bussystem gegeben werden, sondern müssen nacheinander aufgeschaltet werden. Fig. 7 zeigt das System in diesem Zustand mit ausgeschaltetem Fehler zwischen den Unterstationen  $USn-1$  und  $USn-4$ . Die Unterstation  $USn-2$  wurde herausgenommen.

Die Umschaltung in die Betriebsarten "TEST" und "FEHLER" hat in beiden Buskopplerkanälen eines Bussteilnehmers zu erfolgen, auch wenn nur ein Kanal des sicheren Rechners ein entsprechendes Kommando erhalten hat. Der andere parallelredundante Übertragungsweg könnte gestört sein, so daß in der Betriebsart "NORM" dann nur ein ungestörter Übertragungsweg zur Verfügung steht, mit dem nur einer der beiden Rechnerkanäle erreicht werden kann.

Das grundsätzliche Funktionsprinzip der aktiven Buskoppler *BUKO* bei der Verwendung optischer Übertragungsleitungen ist folgendes:

- Auskopplung der optischen Signale aus dem Lichtwellenleiter.
- optisch/elektrische Umsetzung der eingekoppelten Signale.
- zeit- und amplitudenmäßige Regenerierung der elektrischen Signale.
- Übertragung der regenerierten Signale in den anderen Buskoppler der gleichen Bussteuereinheit über die Versorgungsschnittstelle VS.
- Weiterleitung des regenerierten elektrischen Signals zu den Empfangseinrichtungen des zugeordneten Rechnerkanals oder zu den elektrisch/optischen Umsetzern des Buskopplers.
- elektrisch/optische Umsetzung der elektrischen Signale.
- Wiedereinkopplung der optischen Signale in den Lichtwellenleiter.

In den Fig. 8, 9, 10, 11 ist eine Bussteuereinrichtung *BSE* in detaillierterer Blockbilddarstellung für die verschiedenen Betriebsarten dargestellt. Der jeweils aktuelle Signallauf ist für die eingestellte Betriebsart dick eingezeichnet.

Die Umschaltung einer Bussteuereinrichtung in die verschiedenen Betriebsarten erfolgt durch die zwei zugehörigen Buskoppler mit jeweils drei elektronischen Schaltern  $S1, S2, S3$ .

In Fig. 8 für die Betriebsart "NORM" befindet sich der erste Schalter  $S1$  jedes Buskopplers in Schaltstellung A für eine Weiterleitung des Signalfusses. Dieser geht dann weiter über den zweiten Schalter und den dritten Schalter des anderen Buskopplers. Durch den zweiten Schalter  $S2$  kann der Signallauf innerhalb der Bussteuereinheit *BSE* aufgetrennt werden, damit die angeschaltete Rechereinheit über Sendedaten in das Übertragungssystem einspeisen kann und eine Zirkulation der im Übertragungsring (*BUS1* oder *BUS2*) vorhandene Daten unterbunden wird. Der zweite Schalter  $S2$  wird durch die Datenleitung *TD* gesteuert. Der zweite Schalter  $S2$  befindet sich hierbei in der Schaltstellung B und der dritte Schalter  $S3$  in der Schaltstellung A. In der Betriebsart "NORM" wird somit für jeden BUS (*BUS1* und *BUS2*) der Datenfluß durch die *BSE* geleitet. Gleichzeitig erhalten die Rechner über die Datenleitung *RD* Informationen.

Aus Fig. 9 ist die Betriebsart "TEST" ersichtlich. Hierbei wird jeweils der dritte Schalter  $S3$  jedes Buskopplers in Stellung B vom angeschalteten Rechnerkanal geschaltet. Der Schalter  $S2$  verbleibt, wie in der Betriebs-

art "NORM", in Schaltstellung B. Der Datenfluß von z. B. *BUS1* wird dabei über *BUS2* zurückgeleitet. Der Datenfluß von *BUS2* läuft darüber hinaus über *BUS1* zurück.

In Fig. 10 ist die Betriebsart "FEHLER" dargestellt, und zwar für den Fehlerweg 1/2, d. h. von *BUS1* zu *BUS2*. Beide Rechnerkanäle 1 und 2 erhalten dabei über *RD* Datenflußinformation über Schalter  $S1$  in Stellung B. Das gleiche jedoch für den Fehlerweg 2/1 ist quasi spiegelbildlich der Fig. 11 entnehmbar.

Durch die Erfindung ist ein äußerst fehlertolerantes Bus- und Übertragungssystem geschaffen worden, das den gestellten Aufgaben voll gerecht wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

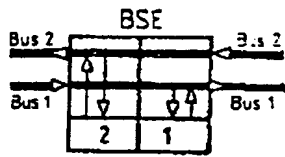


Fig. 3

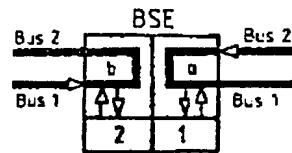


Fig. 4

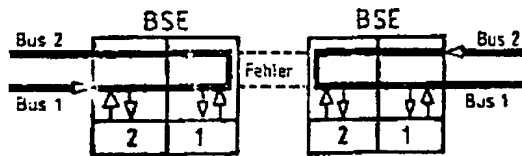
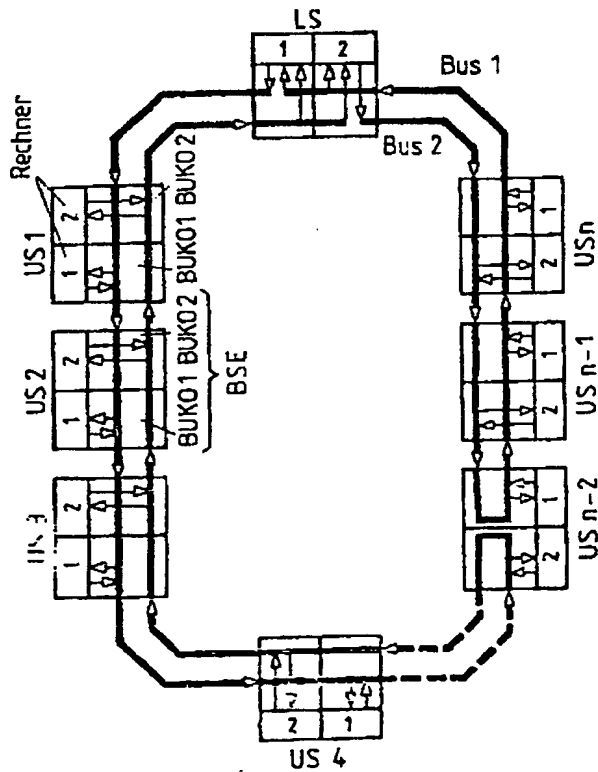
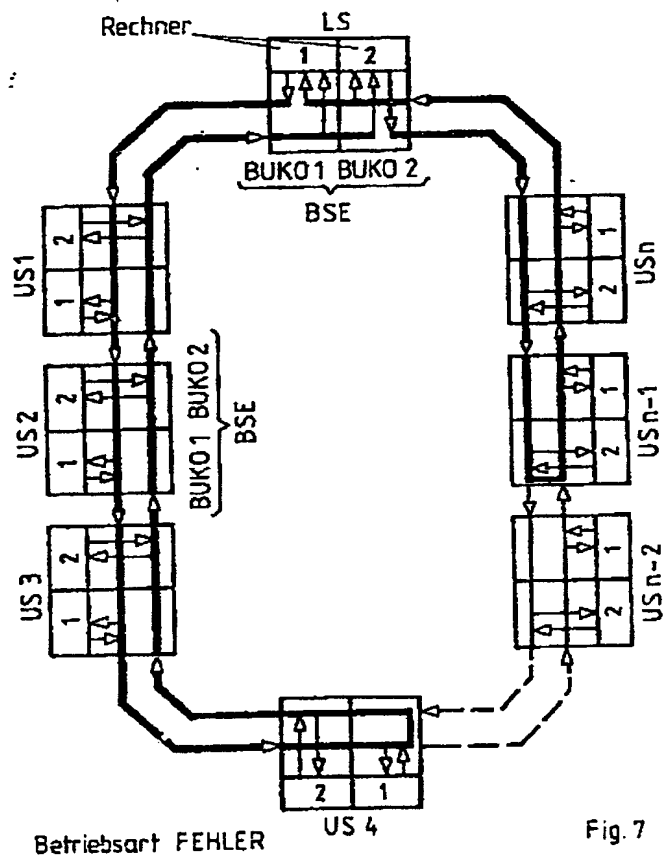


Fig. 5



Betriebsart TEST

Fig. 6



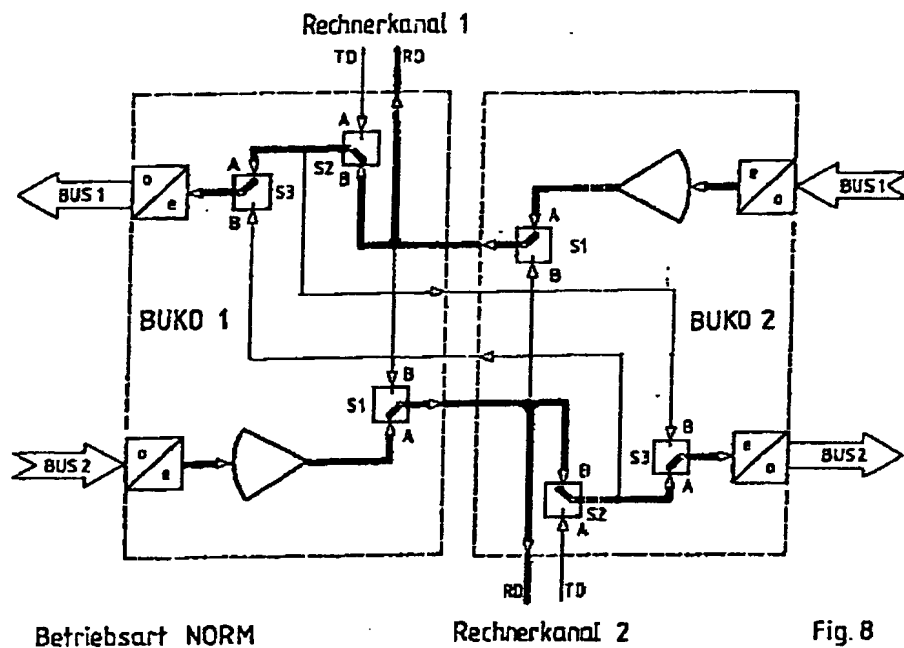


Fig. 8

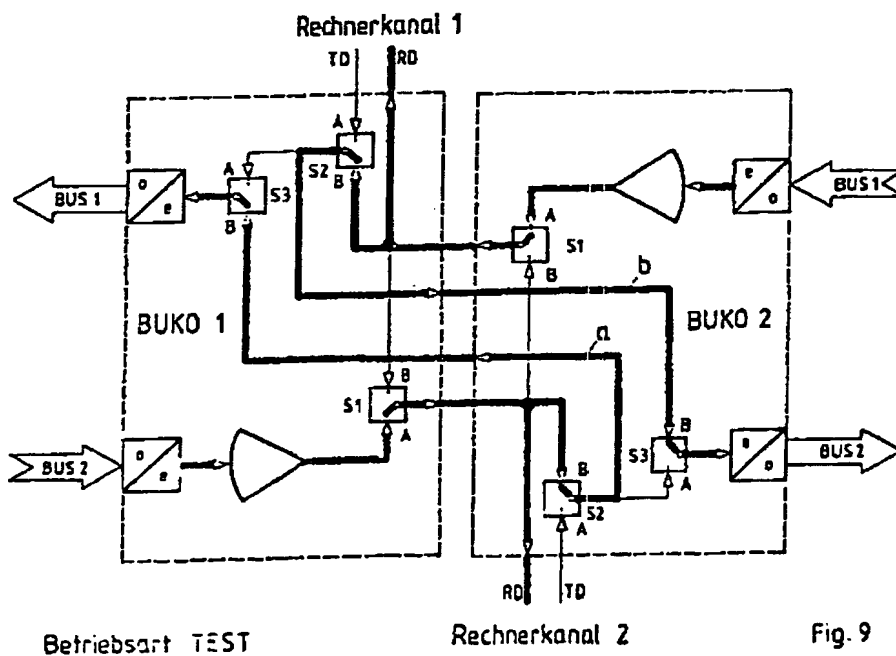
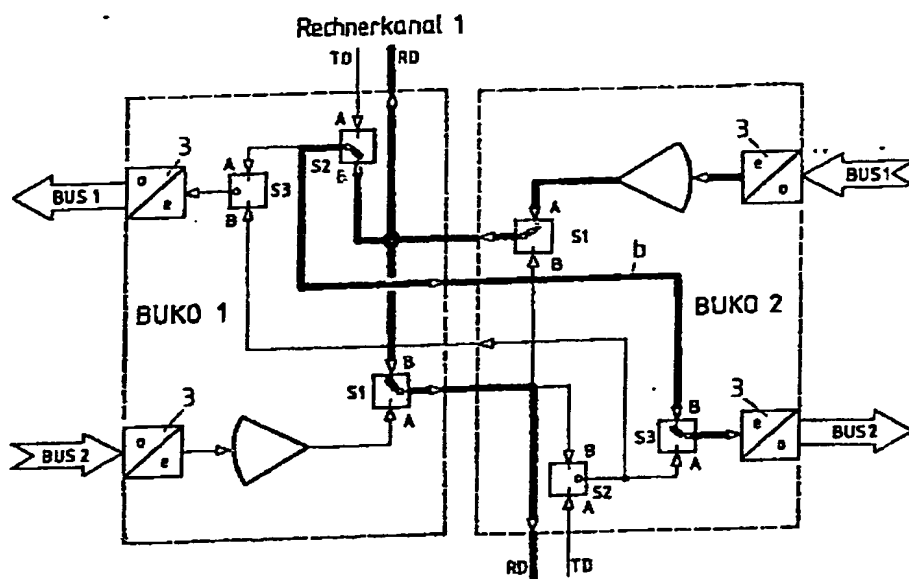


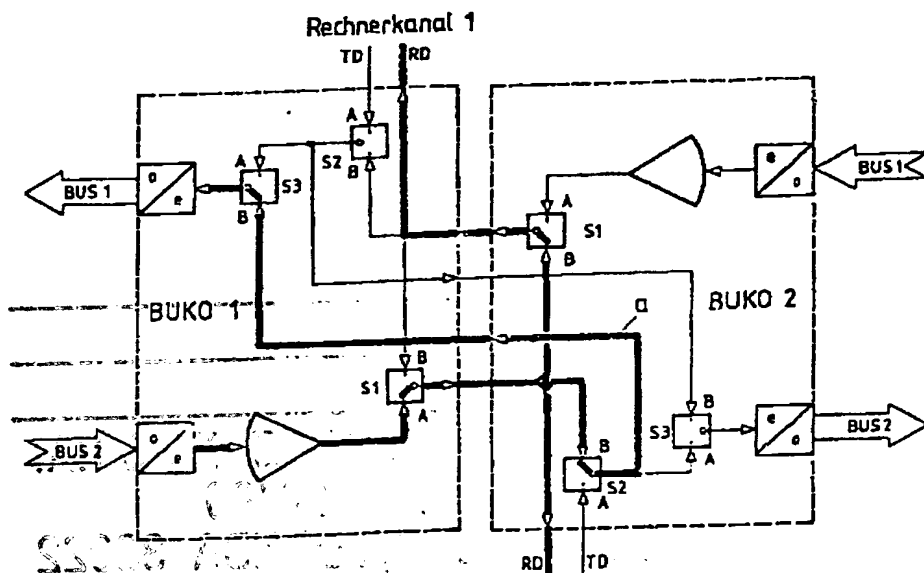
Fig. 9



Betriebsart FEHLER

Rechnerkanal 2

Fig. 10



Betriebsart FEHLER

Rechnerkanal 2

Fig. 11

DOCKET NO: J&R-0799  
SERIAL NO: 10/021,705  
APPLICANT: Von Wendorff  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (US)**